

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
  - TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
  - FADED TEXT
  - ILLEGIBLE TEXT
  - SKEWED/SLANTED IMAGES
  - COLORED PHOTOS
- 
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
  - GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

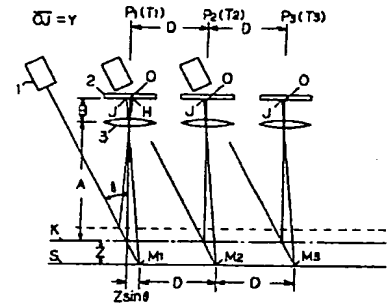
As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

**(54) VISUAL SENSE DEVICE**

(11) 5-141929 (A) (43) 8.6.1993 JP  
 (21) Appl. No. 3-300920 (22) 18.11.1991  
 (71) FUJI ELECTRIC CO LTD (72) KIICHIRO TSUDA(1)  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. G01B11/24, G01B11/00, G01C3/06

**PURPOSE:** To detect the position and attitude of an object by obtaining the distance from the reference plane, attitude, shape, and position of the feature face of the object which is the plane straightforwardly indicating the shape feature of the object mounted on the work surface.

**CONSTITUTION:** A set of a light reception section having a light projection section 1 and an area sensor 2 serving as an image pickup element is integrally advanced straightly in parallel with the reference plane K in the plane including the optical axes of the outgoing light and the reflected light. An object feature face S in parallel with the radiation line by the outgoing light on the reference plane K is recognized. The distance Z from the reference plane K, inclination, shape, and position of the object feature face S are obtained by a signal process section based on the signals on the deviation quantity  $Y=OJ$  from the reference line of the light reception line on the object feature face S and the length and position of the light reception line from the area sensor 2.



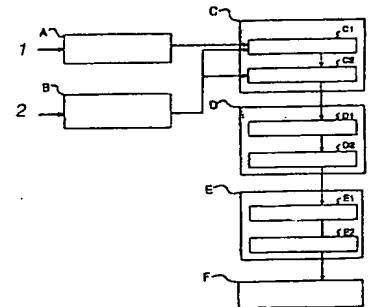
1: light projector, 3: light receiving lens

**(54) THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING DEVICE**

(11) 5-141930 (A) (43) 8.6.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-303218 (22) 19.11.1991  
 (71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) TAKAYUKI YASUNO  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. G01B11/24, G01B21/20, G06F15/62, H04N7/18

**PURPOSE:** To provide the information on a three-dimensional face as well as the feature points of a three-dimensional object by sorting shield patterns, and determining the connection point.

**CONSTITUTION:** The corresponding point extraction section C1 of a three-dimensional information extraction section reads the image information from an image input section A, reads the motion information from a motion information input section B, converts them into an epi-polar image, and the correspondence of the feature point is searched and determined. A three-dimensional coordinates extraction section C2 determines the three-dimensional coordinates from the determined corresponding point and the image input section speed obtained by the motion information input section B. A shield pattern determination section D1 determines the shield pattern of the corresponding point on the epi-polar image. A connection point determination section D2 compares the shield pattern and determines the corresponding point to be connected. The accumulation section E1 of a face information generation section E accumulates the obtained connection point information. A three-dimensional face interpolation section E2 generates the three-dimensional face to be interpolated from the accumulated connection point information. The shield patterns are sorted to determine the connection point, thus the information on the three-dimensional face as well as the feature point of a three-dimensional object can be obtained.



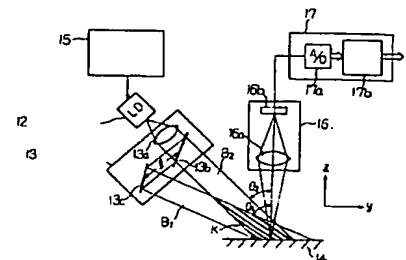
1: image information of object, 2: motion information of image pickup device, C: three-dimensional information extraction section, D: face existence judgment section, F: output section

**(54) SURFACE SHAPE MEASURING DEVICE**

(11) 5-141931 (A) (43) 8.6.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-307570 (22) 22.11.1991  
 (71) TOSHIBA CORP (72) YOSHITOMI SAMEDA  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. G01B11/24, G01B11/30

**PURPOSE:** To provide a surface shape measuring device capable of having a wide measurable range in the height direction, capable of obtaining the irregularity information of the measured object surface at once, and having no limitation on the measurement of the fine irregularity difference of the measured object surface in particular.

**CONSTITUTION:** The light emitted from an interference light generating means 12 is divided into two beams  $B_1$ ,  $B_2$  by the half-mirror 13b and mirror 13c of an interference fringe projecting means 13. Interference fringes K are projected on the surface of a measured object 14 via the interference of two beams  $B_1$ ,  $B_2$ . When an interference fringe position modulating means 15 controls the interference light generating means 12 to change the luminescence wavelength, the position of the interference fringes K is modulated. A reflected light detecting means 16 detects the light intensity of the reflected light at this time, an irregularity information calculating means 17 determines the phase of the light intensity of the beams  $B_1$ ,  $B_2$  from the detection signal and calculates the irregularity information from the phase.



17b: arithmetic circuit

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-141930

(43)公開日 平成5年(1993)6月8日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24	C	9108-2F		
21/20	1 0 1 Z	7617-2F		
G 0 6 F 15/62	4 1 5	9287-5L		
H 0 4 N 7/18	K	8626-5C		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-303218

(22)出願日 平成3年(1991)11月19日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成3年9月24日  
社団法人情報処理学会発行の「第43回(平成3年後期)  
全国大会講演論文集(2)」に発表

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 安野 貴之

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

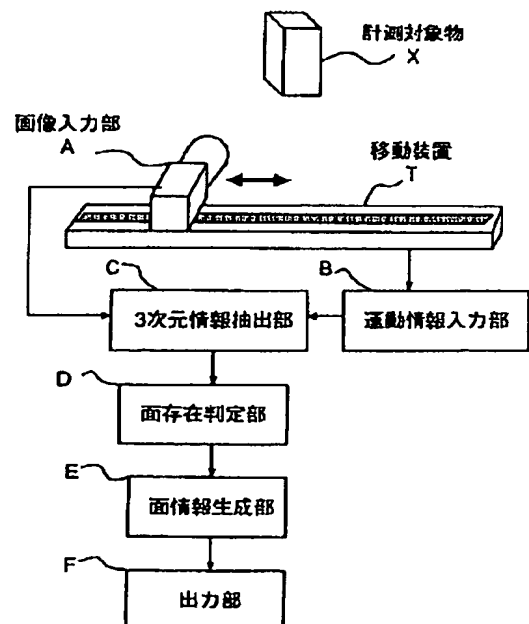
(54)【発明の名称】 3次元形状計測装置

(57)【要約】

【目的】 エッジ特徴点間の面を検出し、それを補間することが可能な3次元形状計測装置を提供する。

【構成】 物体の画像を運動しながら複数枚入力する画像入力部と、該画像入力部の画像入力時における位置／姿勢情報を入力する運動情報入力部と、前記入力された複数枚の画像と運動情報を用いて被写体の3次元情報を抽出する3次元情報抽出部と、該3次元情報抽出部が出力した3次元座標を入力して3次元面の存在を判定する面存在判定部と、該面存在判定部が出力した面情報を蓄積し3次元面を生成する面情報生成部と、該面情報生成部で抽出された3次元面情報を出力する出力部とから構成され、画像中のノイズの影響を受けることなく、該画像入力部が運動しながら物体の形状を計測することを特徴とする。

図 1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の画像を運動しながら複数枚入力する画像入力部と、該画像入力部の画像入力時における位置／姿勢情報を入力する運動情報入力部と、前記入力された複数枚の画像と運動情報を用いて被写体の3次元情報を抽出する3次元情報抽出部と、該3次元情報抽出部が出力した3次元座標を入力して3次元面の存在を判定する面存在判定部と、該面存在判定部が出力した面情報を蓄積し3次元面を生成する面情報生成部と、該面情報生成部で抽出された3次元面情報を出力する出力部とから構成され、画像中のノイズの影響を受けることなく、該画像入力部が運動しながら物体の形状を計測することを特徴とする3次元形状計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、建築物、地形、人工構造物体などの3次元構造物の形状を獲得する3次元形状計測装置に関し、特に、自律自動車の自動運転制御やロボットの視覚制御に利用することが可能な技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、3次元的な構造を有する計測対象物の3次元座標を計測する手法は種々あるが、その一つに運動立体視法がある。この手法は、ビデオカメラ\*

$$\frac{x-d}{z} = \frac{u}{F}$$

## 【0005】

$$\frac{y}{z} = \frac{v}{F}$$

## 【0006】から

## 【0007】

$$z = -\frac{Fd'}{u'}$$

## 【0008】

$$x = -\frac{ud'}{u'} + d$$

## 【0009】

$$y = -\frac{vd'}{u'}$$

【0010】となり、計測対象点の3次元位置が決定される。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前述した従来方法による測定においては、3次元位置座標が得られる計測点が、画像中の輝度変化が急峻なエッジ特徴点に限られ、エッジ特徴点間の面の情報が得られない。すなわち、従来の処理では、物体の特徴点の3次元位置が求

2

\*等の画像入力部を運動させ撮影位置を変化させながら計測対象物を連続的に撮影し、得られる画像上の計測対象の像の動きから計測対象物の各部分に対する3次元座標を求める計測方法であり、画像上の投影像の動きは、画像入力部と計測対象物との距離が近いほど速いという性質を利用した方法である。

【0003】画像入力部を移動させ連続的に得られた多重画像間で、計測対象物の像の対応する点同士を決定することによって、その対応点の画像上の移動速度が求められる。画像入力部が直線運動をし、さらに撮影光軸方向が運動方向に垂直のときは、図9に示すように、画像の対応点はエピポーラ直線と呼ばれる運動方向と平行な直線上を移動する。従って、多重画像間のエピポーラ直線上の対応点を探索することによって対応点の速度が求められ、画像入力部の移動速度を用いて対応点の3次元座標が決定できる。図10に示すように、画像入力部のモデルを考え、画像入力部がX軸に沿って移動するとき、画像入力部の原点からの移動距離をd、画像入力部の移動速度をd'、撮像面からレンズ中心までの距離をF、計測対象点Pの座標を(x, y, z)、点Pの撮像面上の像P iの撮像面に於ける座標を(u, v)、P iの撮像面上の移動速度をu' とすると、

## 【0004】

## 【数1】

(1)

## 【数2】

(2)

## 【数3】

(3)

## 【数4】

(4)

## 【数5】

(5)

められるだけで、物体の面情報は得られなかった。例えば、図11に示すように、背景が縦格子の繰り返しパターンで、その前に類似の角柱が立っている環境等においては、角柱のエッジ特徴点の3次元位置が求められるだけで、そのどちらに空間が存在するのか、あるいは、面上の文様なのかは判別ができないという問題があった。

【0012】本発明は、前記問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、エッジ特徴点間の

面を検出し、それを補間することが可能な3次元形状計測装置を提供することにある。

【0013】本発明の前記ならびにその他の目的及び新規な特徴は、本明細書及び添付図面によって明らかにする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の3次元形状計測装置は、物体の画像を運動しながら複数枚入力する画像入力部と、該画像入力部の画像入力時における位置／姿勢情報を入力する運動情報入力部と、前記入力された複数枚の画像と運動情報を用いて被写体の3次元情報を抽出する3次元情報抽出部と、該3次元情報抽出部が出力した3次元座標を入力して3次元面の存在を判定する面存在判定部と、該面存在判定部が出力した面情報を蓄積し3次元面を生成する面\*

$$d = \frac{d'}{u'}u + x$$

【0017】この直線の傾き  $d' / u'$  と焦点距離  $F$  から式 (3) に従って、エッジ  $P$  の奥行きが決定できる。

【0018】次に、エピポーラ画像  $EPI$  中のエッジの軌跡  $l$  からエッジ同士の隠れの情報を抽出して、各々のエッジのどちら側に面があるかのラベリングを施し、どのエッジ同士を結ぶべきであるかを決定する。そのために遮蔽類型の概念を導入する。

【0019】エッジ軌跡直線  $l_1 \sim l_n$  の交点を  $Ca \sim Ci$  とする。これらの交点は、お互いのエッジがどのように遮蔽を生じるかによって、以下の種類に分けられる。

(1) T型 (Type-T) : 見えていたものが隠れて行くもの。

(2) 線型 (Type-/) : 既に隠されているもの。

(3) y型 (Type-y) : 隠されていたものが見えてくるもの。

(4) v型 (Type-v) : y型のうち更に第3の遮蔽によって隠されていたもの。

(5) 山型 (Type-Λ) : T型のうち更に第3の遮蔽によって隠されるもの。

(6) 完全遮蔽型 : (Type-non) v型、山型のうち更に遮蔽によって、隠されているもの。

【0020】図4に以上定義した遮蔽類型を示す。図4中で、実線はエピポーラ画像  $EPI$  上に実際に現れているエッジ軌跡直線を示し、点線は遮蔽によって隠されて※

$$\frac{e(j)}{p_{ij}p_{i,j+1}} < T$$

【0025】のとき、遮蔽が生じているとする。

【0026】3. エッジ軌跡直線上の交点のラベルから、連結すべきエッジ同士を決定する。ある直線  $l_i$  上の交点の隣同士の遮蔽類型を順次比較して行く。表1に示す、 $p_{ij}$ ,  $p_{i,j+1}$  のタイプの組は、その交点を成しているエッジ間に面が存在する証拠となる。各エッジ軌跡

\* 情報生成部と、該面情報生成部で抽出された3次元面情報を出力する出力部とから構成され、画像中のノイズの影響を受けることなく、該画像入力部が運動しながら物体の形状を計測することを特徴とする。

#### 【0015】

【作用】前述の手段によれば、図3に示すように、エピポーラ直線  $l$  を入力順に積み重ねて横座標  $u$ 、縦座標  $d$  の画像としたものをエピポーラ画像  $EPI$  (Epipolar Plan Image) と呼ぶと、画像入力部が等速直線運動を行う時は、計測物体  $X$  のエッジ  $P_1 \sim P_n$  の軌跡がエッジ軌跡直線  $l_1 \sim l_n$  のようになる。このエッジ軌跡直線は、式 (4) から式 (6) で表わされる直線となること

#### 【0016】

#### 【数6】

(6)

※いるエッジ軌跡直線を示している。傾きが大きいエッジ軌跡直線の方が画像入力部からの距離が大きいエッジを示しており、エピポーラ画像  $EPI$  上のエッジ軌跡直線の交点は局所的にみて図4に示した6種類の遮蔽類型しか生じない。

【0021】エピポーラ画像  $EPI$  で抽出された、エッジ軌跡直線の交点に対して、遮蔽類型の類型分けを行い、それを基に面を補間すべきエッジの組を判定する。

【0022】処理の手順は以下になる。

1. 組空間画像のエピポーラ画像  $EPI$  (図5(a)) から  $Hough$  変換によってエッジ軌跡直線を抽出する。抽出された直線を逆投影したものを図5(b)に示す。

【0023】2. 求められた直線同士の交点を求め、各交点の周囲のエッジの連続性から遮蔽類型  $Type-T, /, y, \Lambda, v, non$  のラベル付けを行う。(ラベル付けされた交点を図6に示す。) ラベル付けの判定は直線  $l_i$  上の  $t=0$  から数えて  $j$  番目の交点を  $p_{ij}$  とすると、線分  $p_{ij}p_{i,j+1}$  の上に乗るエッジの数  $e(j)$  の線分  $p_{ij}p_{i,j+1}$  の長さに対する割合が閾値  $T$  より小さい、すなわち、

#### 【0024】

#### 【数7】

(7)

直線上で面の証拠となる組を累積して行き累積された組が多いほど、そのエッジ間に面の存在する確率が大いといえる。そして、図7に示すように、エッジ軌跡直線の傾きから求められた各エッジ  $P$  間の補間すべき立体面  $S$  を決定する。

#### 【0027】

【表1】

表1: 面を補間すべきオクルージョンタイプの組

$p_{ij}$	T	T	T	A	A	A	/	/
$p_{ij+1}$	y	/	v	y	/	v	/	y

【0028】以上の処理を各走査線のエピソード画像EPI上に施し、面を補間すべきエッジ軌跡直線の組を決定した後、各エピソード画像EPI間の情報を統合し、エピソード画像EPI間で、連続しているエッジを連結する。例えば、図8に示すように、隣接したエッジP11とP21間の遮蔽類型を比較して、同じもの同士だけを線分SP121で連結する操作をし、同時にそのエッジが構成する立体面も連結してゆき3次元面として統合する。

【0029】前記本発明の方法により、このように遮蔽類型を導入することにより、エピソード画像EPI間の連結すべきエッジの判定の信頼性を向上させ、3次元エッジ間の面情報を得ることが可能となり、対象物体の3次元形状の電子計算機への入力の実現できる。

## 【0030】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の一実施例の3次元形状計測装置の概略構成を示すブロック図であり、図2は、図1の具体的な機能構成を示すブロック図である。図1及び図2中、Aは運動可能なビデオカメラなどの物体の画像を入力する画像入力部である。Bは移動装置Tの移動量を測定することにより、画像入力部Aの運動軌跡を検出する運動情報入力部である。Cは移動装置Tにより、画像入力部Aの位置を変えながら計測対象物Xを多数回撮像し、得られた多数の画像中より計測対象物Xの各部分の対応点を決定し、画像上における移動速度を求めて、計測対象物Xの各エッジ特徴点部分の3次元座標を算出する3次元情報抽出部である。Dはエッジ特徴点の前後関係と遮蔽関係から、エッジ特徴点間の面の存在を判定する面存在判定部である。Eは面情報を蓄積し3次元面を生成する面情報生成部である。Fは面情報生成部Eで抽出された3次元面情報を出力する出力部を示す。

【0031】前記3次元情報抽出部Cは、対応点抽出部C1と3次元座標抽出部C2からなる。面存在判定部Dは、遮蔽類型決定部D1と連結点決定部D2からなる。また、面情報生成部Eは、蓄積部E1と3次元面補間部E2からなる。

【0032】本実施例の3次元形状計測装置を動作するには、画像入力部Aに物体の画像情報を入力する。また、運動情報入力部Bに画像入力部の運動情報を入力する。3次元情報抽出部Cの対応点抽出部C1は、画像入力部Aから画像情報を読み出し、同時に運動情報入力部Bより画像入力部の運動情報を読み出しエピソード画像\*

に変換し、エピソード画像上の特徴点の対応を探索し決定する。3次元座標抽出部C2は、対応点抽出部C1で決定された対応点と運動情報入力部Bで得られた画像入力部速度とから式(3)に従って3次元座標を決定する。面存在判定部Dの遮蔽類型決定部D1は、3次元座標抽出部C2で得られた、エピソード画像上の対応点の遮蔽類型を決定する。次に、連結点決定部D2は、遮蔽類型決定部D1で得られた遮蔽類型を比較して、連結すべき対応点を決定する。次に、面情報生成部Eの蓄積部E1は、連結点決定部D2で得られた連結点情報を蓄積する。そして、3次元面補間部E2は、蓄積部E1で蓄積された連結点情報から補間すべき3次元面を生成する。

【0033】以上の説明からわかるように、本実施例によれば、運動立体視法による3次元座標の検出において、遮蔽類型の分類を行い連結点を決定することにより、3次元物体の特徴点だけでなく、その間に存在する3次元面の情報を得ることができる。

【0034】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更し得ることはいうまでもない。

## 【0035】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、運動立体視法による3次元座標の検出において、測定対象物の特徴点に対して、遮蔽類型の分類を行い連結点を決定するので、3次元物体の特徴点だけでなく、その間に存在する3次元面の情報を得ることができ、測定対象物に関するより多くの3次元情報を得ることができる。

【0036】また、本発明は、自然光による測定が可能であり、自然光中の物体や風景等の3次元座標を測定することができ、また、画像データベースやCAD (Computer Aided Design) のための3次元情報を高精度に入力することができ、更にまた、航空写真による地形解析や自動車の自動運転、ロボットの視覚制御等に適用できる等の利点がある。

## 【図面の簡単な説明】

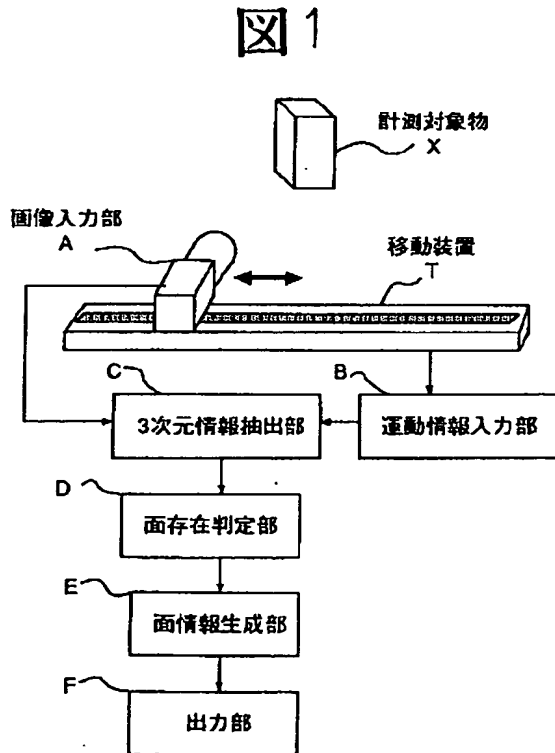
【図1】 本発明の一実施例の3次元形状計測装置の概略構成を示すブロック図、

【図2】 本実施例の具体的な機能構成を示すブロック図、

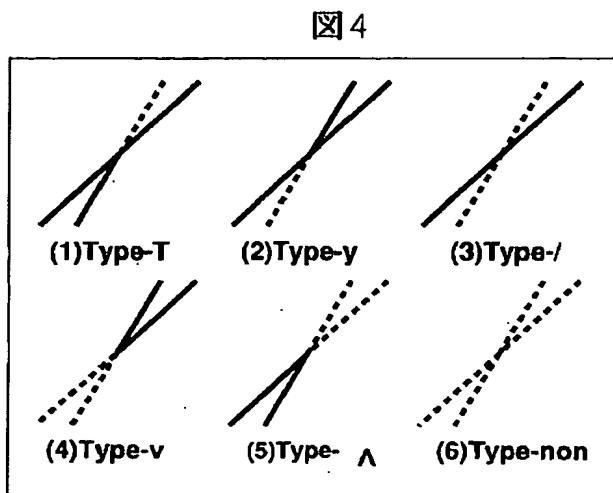
【図3】 エピソード画像を示す説明図、

- 【図4】 遮蔽類型を示す説明図、  
 【図5】 エピポーラ画像のエッジ特徴点と抽出された直線を示す説明図、  
 【図6】 遮蔽類型付け結果を示す説明図、  
 【図7】 エッジ特徴点間の連結を示す説明図、  
 【図8】 エピポーラ画像間の面の補間を示す説明図、  
 【図9】 従来の運動立体視の一例を示す説明図、  
 【図10】 画像入力部の光学モデルを示す説明図、 \*

【図1】



【図4】

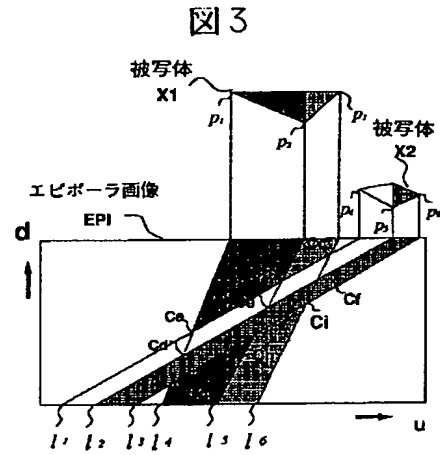


- \* 【図11】 縦格子の背景を持つ角柱を示す説明図。

## 【符号の説明】

A…画像入力部、B…運動情報入力部、C…3次元情報抽出部、C1…対応点抽出部、C2…3次元座標抽出部、D…面存在判定部、D1…遮蔽類型決定部、D2…連結点決定部、E…面情報生成部、E1…蓄積部、E2…3次元面補間部。

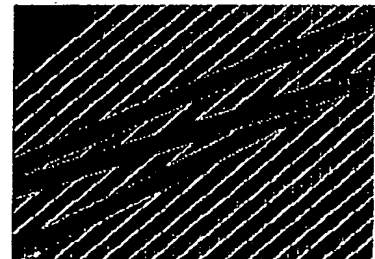
【図3】



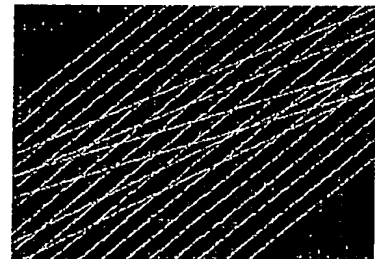
【図5】

図 5

(a)

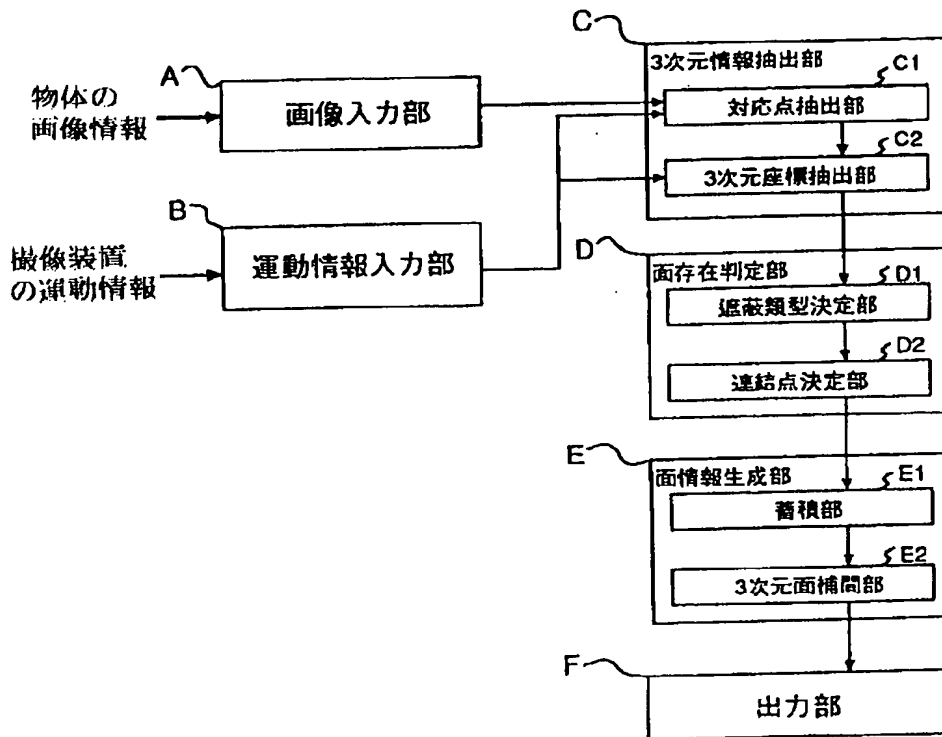


(b)



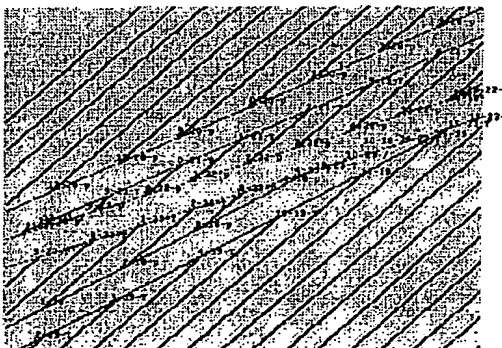
【図2】

図2



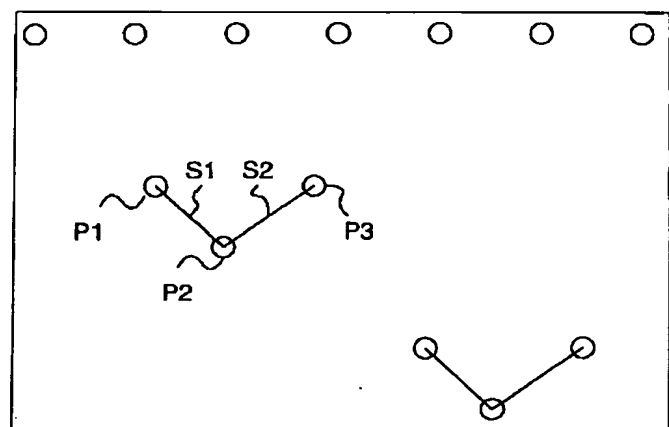
【図6】

図6



【図7】

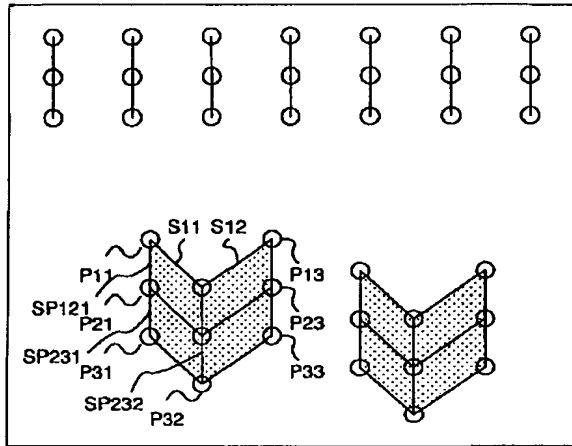
図7





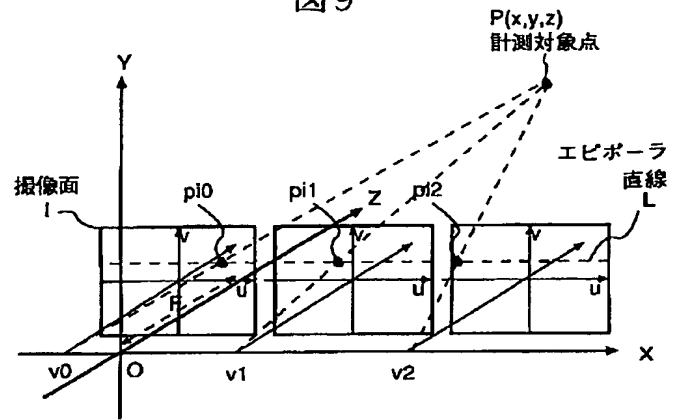
【図8】

図8



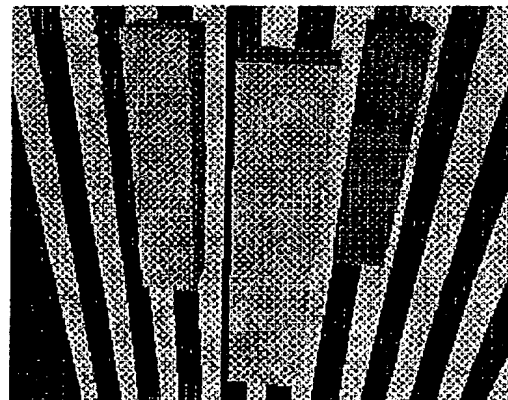
【図9】

図9



【図11】

図11



【図10】

図10

